

PENGARUH KADAR KAPUR PADAM SEBAGAI BAHAN PENGISI CAMPURAN COLD PAVING HOT MIX ASBUTON

Ludfi Djakfar
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Brawijaya
Ldjakfar@ub.ac.id

Yogi Kurnia Wiyanta
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Brawijaya
kurniyogi@gmail.com

Hendi Bowoputro
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Brawijaya
bowoputro94@ub.ac.id

Havizh Lukman Baisa
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Brawijaya
havizhlukman@gmail.com

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of using hydrated lime as a filler of Marshall Parameters on a mixture of Lawelle Granular Asphalt, which was produced from Asphalt Buton, using local aggregates. For this purpose, 45 specimens were prepared with variations in Lawelle Granular Asphalt levels and filler percentages. Variations of Lawelle Granular Asphalt levels are 25%, 30%, 35% whereas the filler variations are 0/100, 25/100, 50/50, 75/25, 100/0, between stone ash and hydrated lime. The analysis results show that the optimum level of Lawelle Granular Asphalt level was 29% and the optimum filler content was 60% stone ash and 40% hydrated lime. This means that the hydrated lime can be used as fillers in the Lawelle Granular Asphalt mixture.

Keywords: buton asphalt, filler, hydrated lime, Marshall Parameters

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh penggunaan kapur padam sebagai bahan pengisi terhadap Parameter Marshall pada campuran beraspal Lawelle Granular Asphalt, yang diproduksi dari Aspal Buton, dengan menggunakan agregat lokal. Untuk maksud tersebut, dibuatlah 45 benda uji dengan variasi pada kadar Lawelle Granular Asphalt dan persentase bahan pengisi. Variasi kadar Lawelle Granular Asphalt adalah 25%, 30%, 35% sedangkan variasi bahan pengisi adalah 0/100, 25/100, 50/50, 75/25, 100/0, antara abu batu dan kapur padam. Dari hasil analisis didapat bahwa kadar Lawelle Granular Asphalt optimum sebesar 29% dan komposisi optimum bahan pengisi adalah 60% abu batu dan 40% kapur padam. Hal ini berarti bahwa kapur padam dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada campuran Lawelle Granular Asphalt.

Kata-kata kunci: aspal buton, bahan pengisi, kapur padam, Parameter Marshall

PENDAHULUAN

Untuk menyediakan infrastruktur jalan yang baik untuk menghubungkan antar-kawasan terpencil tersebut diperlukan ketersediaan Asphalt Mixing Plant (AMP) dalam jumlah besar yang tersebar di semua wilayah dan investasi yang besar bagi perusahaan konstruksi untuk menyediakannya. Hal ini menjadi tantangan tersendiri, khususnya bagi pengusaha dalam kaitan skala ekonomi. Selain itu, terjadinya kerusakan jalan di awal umur

layan jalan diindikasikan terkait dengan kurangnya kepadatan karena pemadatan campuran beraspal pada temperatur yang lebih rendah akibat lamanya waktu tempuh dan jarak yang jauh antara AMP ke lokasi.

Penggunaan campuran beraspal hangat, atau Warm Mix Asphalt (WMA) dapat menjadi alternatif. Campuran WMA adalah campuran beraspal yang didesain dapat dipadatkan pada temperatur yang lebih rendah daripada persyaratan temperatur pemadatan Hot Mix Asphalt (HMA). Campuran WMA mempunyai beberapa kelebihan, seperti konsumsi energi yang rendah untuk membuat campuran, pengurangan emisi, dan jarak pengangkutan yang dapat lebih panjang.

Teknologi lain yang memiliki peluang untuk digunakan di masa depan adalah penggunaan Asbuton, yang dikenal dengan Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA). CPHMA adalah bahan semen aspal yang disiapkan dan dicampur pada temperatur panas, seperti HMA biasa, dan diletakkan serta dipadatkan pada temperatur yang lebih rendah, yaitu 25°C (Firstyan dan Gabriel, 2015). Bahan utamanya adalah Lawelle Granular Asphalt (LGA), yang diproduksi secara alami di Pulau Buton, Indonesia. Penggunaan bahan alami ini menjanjikan dengan adanya deposit sekitar 360 juta kubik ton di wilayah Buton. Salah satu masalah dengan aplikasi CPHMA saat ini adalah stabilitasnya yang rendah, sehingga penerapan CPHM hanya terbatas untuk jalan dengan lalu lintas rendah dan ringan.

Pada sisi lain, kapur padam (*hydrated lime*) merupakan material lokal yang mudah diperoleh di Indonesia. Penelitian sebelumnya telah banyak dilakukan terkait dengan penggunaan kapur padam sebagai aditif untuk campuran beton aspal, sebagaimana dilaporkan oleh Kennedy (1984), Lesueur et al. (2012), dan Mouillet et al. (2014). Jika pada awal-awal kapur padam digunakan untuk mengurangi pengaruh *stripping* pada campuran beraspal, dari hasil penelitian lanjutan ternyata kapur padam mempunyai kontribusi dalam mengurangi proses penuaan (*aging*) campuran beton aspal (Little dan Epps, 2001). Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa kapur padam juga meningkatkan kekakuan (Little dan Epps, 2001) dan durabilitas campuran (Lesueur et al., 2012).

Penelitian ini memiliki hipotesis bahwa jika CPHMA juga diberi aditif kapur padam, akan terjadi peningkatan kinerja campuran ini. Jika hal ini tercapai, penggunaan CPHMA dapat ditingkatkan tidak hanya untuk jalan kabupaten atau jalan dengan beban lalu lintas rendah, namun juga untuk jalan dengan beban lalu lintas yang lebih tinggi.

Penelitian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar aditif kapur padam yang optimal pada campuran CPHMA diperlukan adanya penelitian. Selain itu, diperlukan juga penentuan kadar LGA yang optimum agar didapat campuran yang optimal.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh penggunaan kapur padam dalam campuran LGA. Dari hasil penelitian terdahulu didapatkan bahwa kadar LGA juga

mempengaruhi terhadap kinerja campuran. Oleh karena itu, dibuat beberapa campuran CPHMA dengan kadar LGA dan kapur padam divariasi. Tabel 1 menampilkan rancangan percobaan pada penelitian ini.

Bahan pengisi yang digunakan pada campuran original adalah abu batu. Oleh karena itu, pada penelitian ini bahan pengisi yang digunakan adalah variasi antara abu batu dan kapur padam yang merupakan variasi antara abu batu dan kapur padam, dengan proporsi 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, dan 100/0. Sedangkan kadar LGA pada campuran dibuat antara 25%-35% terhadap berat benda uji. Penggunaan batas kadar LGA ini didasarkan pada pedoman dan hasil studi sebelumnya, yang berkisar antara 25%-35%. Selain itu, untuk memastikan bahwa LGA bekerja dengan baik, ditambahkan *modifier* sebanyak 30 gr.

Tabel 1 Rancangan Benda Uji

Kadar LGA (%)	Variasi Komposisi Bahan Pengisi (%)				
	(Abu Batu : Kapur Padam)				
	0/100	25/75	50/50	75/25	100/0
25	3	3	3	3	3
30	3	3	3	3	3
35	3	3	3	3	3
Total	45				

Pengujian Material

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kualitas material yang digunakan, yang terdiri atas pemeriksaan agregat dan karakteristik LGA sebagai dasar pembuatan benda uji CPHMA sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (Ditjen Bina Marga, 2006). Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah batu pecah yang diambil dari Purwosari, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. Kemudian dilakukan pengujian agregat di Laboratorium Jalan Raya dan Penginderaan Jauh Universitas Brawijaya, Malang. Pengujian material yang dilakukan meliputi pemeriksaan terhadap karakteristik fisik agregat, sifat-sifat teknis bahan pengisi kapur padam, dan karakteristik LGA. Hasil pengujian terhadap karakteristik agregat, bahan pengisi, dan LGA dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Aspal Buton yang digunakan pada penelitian ini merupakan aspal yang berasal dari hasil eksplorasi Lawele, yang telah diolah serta diproduksi oleh PT Mitra Bersama Indonesia (MBI) berupa LGA (Lawele Granular Asphalt). Setelah material benda uji dipersiapkan, langkah selanjutnya adalah melakukan proses pencampuran dan pemadatan benda uji sesuai Prosedur Marshall. Proses pemadatan dilakukan pada temperatur 67,5°C sesuai dengan rekomendasi penelitian sebelumnya (Fristyan dan Gabriel, 2015).

Tabel 2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

No.	Jenis Pengujian	Unit	Hasil Pengujian	Spek. Bina Marga	
				Min.	Maks.
<u>Agregat Kasar</u>					
1.	Penyerapan agregat	%	1,21	-	3
2.	Berat jenis <i>bulk</i>	-	2,72	2,5	-
3.	Berat jenis SSD	-	2,75	-	-
4.	Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	-	2,81	-	-
5.	Penyerapan air	%	1,2	-	3
6.	<i>Soudness</i>	%	-	-	2,35
7.	Abrasi Los Angeles	%	12,45	-	40
8.	Indeks kepipihan	%	12,96	-	25
9.	Indek kelonjongan	%	2,74	-	25
10.	Ketahanan terhadap tumbukan (AIV)	%	12,46	-	30
<u>Agregat Halus</u>					
11.	Penyerapan Agregat	%	2,459	-	3
12.	Berat jenis <i>bulk</i>	-	2,51	2,5	-
13.	Berat jenis SSD	-	2,57	-	-
14.	Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	-	2,68	-	-
<u>Mineral Bahan pengisi (Abu Batu)</u>					
15.	Berat jenis <i>bulk</i>	-	2,51	-	-
16.	Berat jenis SSD	-	2,57	-	-
17.	Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	-	2,68	-	-
<u>Mineral Bahan pengisi (Kapur Padam)</u>					
18.	Berat jenis	-	1,901	-	-

Tabel 3 Gradasi Agregat

Ukuran Saringan	Spesifikasi % Lolos		Gradasi Rancangan		Berat Agregat
	Batas Atas	Batas Bawah			
	%	%	% Lolos	% Tertahan	gram
3/4" (19 mm)	100	100	0	0	
1/2" (12,5 mm)	100	90	95	5	37,5
3/8" (9,5 mm)	-	-	-	-	-
No. 4 (4,76 mm)	70	45	51,8	43,2	324
No. 8 (2,36 mm)	55	25	25,1	26,7	200,25
No. 50 (0,3 mm)	20	5	17,2	7,9	59,25
No. 200 (0,075 mm)	9	2	6,8	10,4	78
PAN	0	0	0	6,8	51
Total berat agregat dalam campuran	750				
Proporsi LGA 25%					250
Modifier 3%					30
Total berat benda uji	1030				

HASIL PENELITIAN

Gambar 1a menampilkan hasil *plotting* nilai stabilitas Marshall. Dari hasil plot Grafik 3D untuk stabilitas, terlihat bahwa terdapat peningkatan nilai stabilitas hingga titik optimum dengan penambahan LGA pada campuran CPHMA. Nilai stabilitas ini dapat

terus meningkat karena tidak ditemukan titik optimum pada grafik 3D. Nilai stabilitas pada setiap benda uji mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan penambahan kapur padam sebagai *bahan pengisi* pada campuran CPHMA. Nilai stabilitas minimum yang ditetapkan oleh Bina Marga untuk CPHMA adalah sebesar 800 kg dan stabilitas keseluruhan benda uji pada penelitian ini memenuhi spesifikasi Bina Marga.

Tabel 4 Hasil Pengujian Karakteristik LGA

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
1	Penetrasi (25°C, 100 gr, 5 dt)	0,1 mm	55
2	Titik lembek (<i>ring & ball</i>)	°C	54,8
3	Titik nyala (<i>clev. open cup</i>)	°C	-
4	Titik bakar (<i>clev. open cup</i>)	°C	-
5	Daktilitas (25°C, 5 cm/mnt)	cm	> 140
6	Berat jenis (25°C)	-	1,019
7	Kadar aspal	%	22-25

Nilai kelelehan (*flow*) benda-benda uji ditunjukkan pada Gambar 1b. Berdasarkan hasil pengolahan data dapat diketahui bahwa nilai kelelehan meningkat secara signifikan seiring dengan kenaikan proporsi kapur dalam campuran hingga suatu titik optimum, kemudian mengalami penurunan. Dengan demikian dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh yang signifikan, yang terjadi antara dua variabel bebas, yaitu kadar LGA dan kadar kapur, terhadap variabel tidak bebas, yaitu kelelehan. Secara simultan kedua variabel (X_1 dan X_2) mempengaruhi nilai kelelehan. Berdasarkan hasil iterasi, sebagian besar nilai kelelehan memenuhi spesifikasi Bina Marga, yaitu dalam rentang 3,00-6,00 mm.

Gambar 1c menyajikan nilai Marshall Quotient. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa kapur padam meningkatkan nilai Marshall Quotient CPHMA kemudian menurun pada batas optimum. Selain itu, semakin besar proporsi kadar LGA yang ditambahkan menurunkan nilai MQ CPHMA. Hal ini membuktikan bahwa kenaikan komposisi kapur menyebabkan campuran menjadi lebih elastis karena penurunan nilai Marshall Quotient. Nilai Marshall Quotient dipengaruhi oleh besarnya nilai stabilitas dan nilai kelelehan. Apabila nilai stabilitas semakin tinggi terhadap nilai kelelehan, nilai Marshall Quotient juga akan semakin tinggi sehingga benda uji menjadi lebih getas. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga, nilai Marshall Quotient 300 kg/mm adalah batas minimum.

Pada Gambar 1d ditampilkan nilai Void in Mix (VIM). Nilai VIM sangat mempengaruhi kekuatan campuran, karena VIM yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran sangat rentan mengalami *bleeding*, karena ketika temperatur aspal melebihi titik lelehnya, aspal akan mudah keluar ke permukaan. Persyaratan yang ditetapkan oleh Bina Marga untuk nilai VIM adalah sebesar 4-10%. Untuk seluruh benda uji yang ada, nilai VIM yang dihasilkan tidak ada yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Hal ini diakibatkan banyaknya aspal dan kapur yang ditambahkan menyebabkan meningkatnya jumlah rongga dalam campuran karena aspal butir tidak dapat menyelimuti agregat seperti

aspal minyak, sehingga bertambahnya aspal butir menyebabkan bertambahnya luas permukaan.

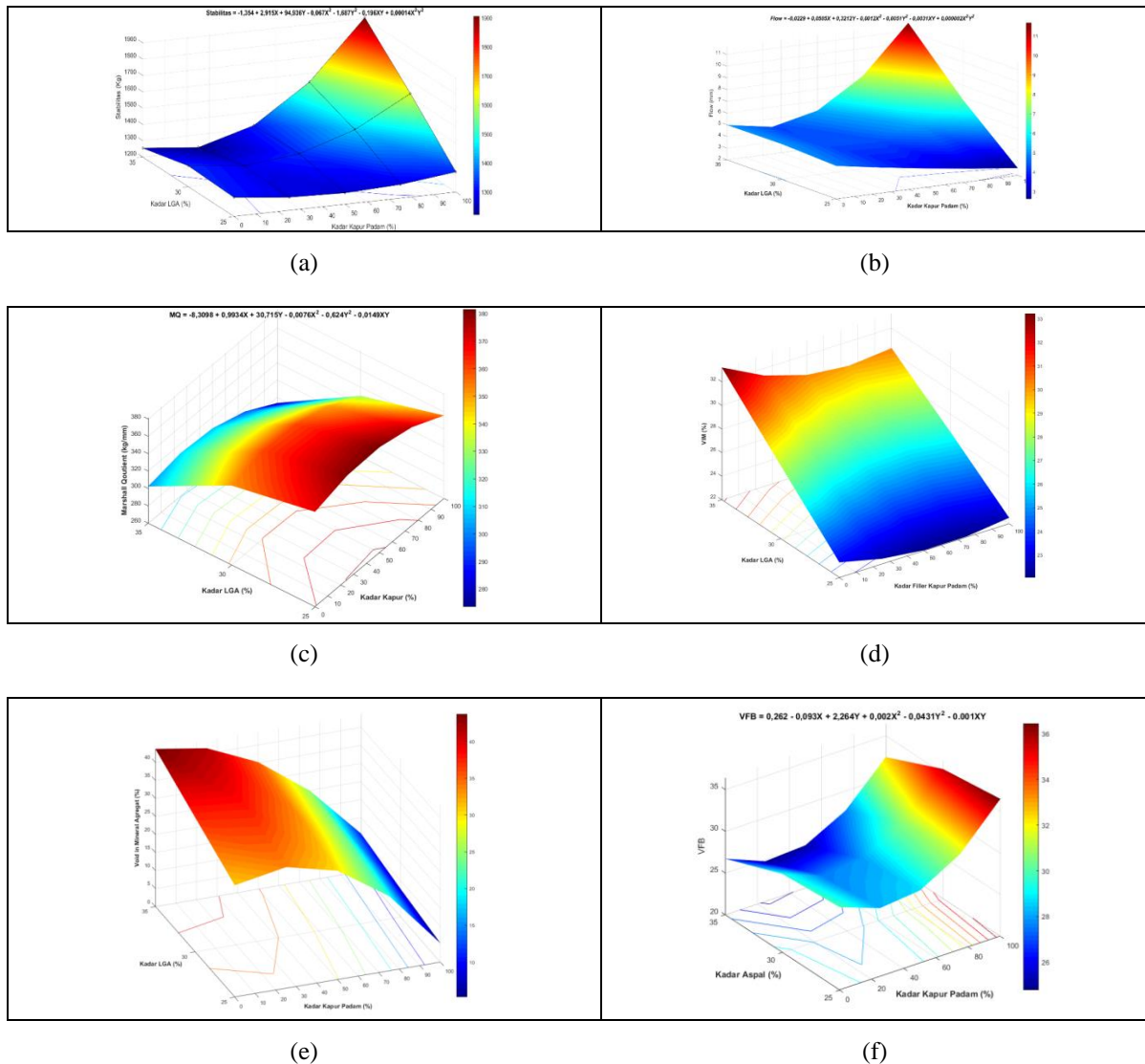
Gambar 1e menampilkan hasil Voids in Mineral Aggregates (VMA), yang merupakan volume rongga yang terdapat di antara partikel-partikel agregat suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diamati bahwa nilai VMA meningkat berdasarkan kadar LGA dan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan proporsi bahan pengisi pada campuran. Grafik 3D tersebut menjelaskan hubungan antara kedua variabel independen, yaitu LGA dan kapur padam, yang mempengaruhi nilai VMA atau volume rongga di antara partikel agregat pada CPHMA yang telah dilakukan pemadatan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penambahan proporsi bahan pengisi kapur padam pada CPHMA menurunkan volume rongga antar-agregat sehingga benda uji menjadi lebih padat dan lebih stabil.

Gambar 1f menggambarkan hasil Voids Filled with Bitumen (VFB). Berdasarkan hasil analisis terhadap Grafik 3D, VFB pada seluruh benda uji mengalami penurunan seiring dengan kenaikan kadar LGA, karena penggunaan aspal butir yang dapat menyelimuti agregat dengan sempurna seperti aspal minyak. Nilai VFB pada CPHMA mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya proporsi bahan pengisi pada campuran, karena penggunaan asbuton butir dan gabungan bahan pengisi (abu batu dan kapur padam) dapat menurunkan proporsi pori antarbutir agregat yang terisi aspal dan karena VFB merupakan bagian VMA yang terisi oleh aspal. Pengaruh utama kriteria VFB adalah untuk membatasi VMA maksimum dan kadar aspal maksimum.

Setelah diperoleh hubungan antarvariabel dalam bentuk Grafik 3D, dilakukan penentuan kadar optimum untuk masing-masing variabel, yaitu kadar optimum LGA dan komposisi bahan pengisi kapur padam optimum. Penentuan kadar optimum ini dilakukan dengan metode Plot Grafik 3D masing-masing parameter Marshall. Digunakan kontur hasil plot Grafik 3D untuk melakukan eliminasi terhadap data yang memenuhi standar yang disyaratkan untuk masing-masing parameter Marshall. Dari hasil analisis didapatkan nilai kadar optimum untuk LGA adalah sebesar 29,635% dan komposisi bahan pengisi adalah sebesar 59,3% abu batu dengan 40,7% kapur padam. Dengan menggunakan nilai tersebut, diperoleh nilai-nilai parameter Marshall pada kondisi kadar optimum sebagaimana ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Rekapitulasi Nilai Parameter Marshall pada Kadar Optimum Teoritis

Parameter	Nilai	Unit	Spesifikasi	Keterangan
Stabilitas	1304,64	kg	Min. 800 kg	Memenuhi
Kelelehan	4,905	mm	3-6	Memenuhi
MQ	363,84	kg/mm	300 kg/mm	Memenuhi
VMA	38,43	%	Min. 16%	Memenuhi
VIM	25,917	%	4-10	-
VFB	27,688	%	Min. 60%	-



Gambar 1 Hasil Pengujian Marshall: (a) Stabilitas, (b) *Flow*, (c) *Marshall Quotient*, (d) VIM, (e) VMA, dan (f) VFB

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan terhadap data yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Peningkatan kadar LGA dalam campuran CPHMA memberikan pengaruh yang kurang signifikan terhadap beberapa Parameter Marshall, yaitu stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, dan VFB.
- 2) Penggunaan gabungan kapur padam dengan abu batu sebagai bahan pengisi pada CPHMA mempengaruhi beberapa nilai Parameter Marshall, yaitu:
 - a. Nilai Stabilitas Marshall mengalami peningkatan hingga 1.304,64 kg pada kadar kapur optimum.

- b. Nilai kelelahan plastis meningkat hingga 4,905 mm pada kadar bahan pengisi kapur padam optimum.
 - c. Nilai Marshall Qoutient meningkat hingga 364,84 pada kadar kapur optimum.
 - d. Nilai VMA juga mengalami peningkatan hingga 38,43% dengan penggunaan bahan pengisi kapur padam pada kadar optimum.
 - e. Nilai VIM dan VFB mengalami penurunan pada penggunaan bahan pengisi kapur padam dengan kadar optimum.
- 3) Berdasarkan hasil analisis kadar optimum menggunakan Grafik 3D, dihasilkan kadar optimum secara teoritis sebesar 29,635%, untuk kadar LGA optimum, dan komposisi bahan pengisi optimum untuk kapur padam sebesar 40,71%, sehingga didapat komposisi bahan pengisi optimum antara kapur padam dengan abu batu adalah sebesar 40,71% kapur padam berbanding 59,28% abu batu.

Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

- 1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi kadar *modifier* karena dalam penelitian yang dilakukan *modifier* sangat mempengaruhi kemudahan dalam proses pencampuran antara agregat dengan LGA.
- 2) Penelitian selanjutnya tidak perlu memberikan perlakuan pada LGA karena peningkatan kadar LGA tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap kinerja CPHMA.
- 3) Perlu dilakukan proses pencampuran yang lebih baik untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat karena pada penelitian ini hanya digunakan proses pencampuran secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2006. *Pemanfaatan Asbuton Buku 1, Umum*. Pedoman Konstruksi dan Bangunan No. 001-01/BM/2006. Jakarta.
- Fristyan, F. dan Gabriel, B. 2015. *Pengaruh Temperatur Pemadatan terhadap Kinerja Marshall pada Campuran CPHMA Menggunakan LGA dan Aspal Minyak Penetrasi 60/70*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Kennedy, T.W. 1984. *Use of Hydrated Lime in Asphalt Paving Mixtures*. Bulletin 325. Arlington, VA: National Lime Association.
- Lesueur, D., Petit, J., dan Hans, J.R. 2012. *Increasing the Durability of Asphalt Mixture by Hydrated Lime Addition: What Evidence?* Eurasphalt & Eurobitume Congress. Istanbul.
- Little, D.N. dan Epps, J.A. 2006. *The Benefits of Hydrated Lime in Hot Mix Asphalt*. Arlington, VA: National Lime Association.
- Mouillet, V.D., Séjourné, V., Delmotte, H.J., dan Ritter, D.L. 2014. *Method of Quantification of Hydrated Lime in Asphalt Mixtures*. Construction and Building Materials, 68: 348-354.